

Dissertação – Artigo de Revisão Bibliográfica  
Mestrado Integrado em Medicina  
Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar

**Radiação na Gravidez:  
Abordagem da mulher Grávida exposta a Radiação  
Ionizante**

Gonçalo Pereira Rodrigues da Cruz

Orientadora:

Dra. Isabel Guedes Bravo

Co-Orientadora:

Dra. Cristina Dias Monteiro

Dissertação – Artigo de Revisão Bibliográfica  
Mestrado Integrado em Medicina  
Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar

**Radiação na Gravidez:  
Abordagem da mulher Grávida exposta a Radiação  
Ionizante**

Gonçalo Pereira Rodrigues da Cruz

Orientadora:

Dra. Isabel Maria Guedes Bravo

Afiliação: Centro de investigação/ Departamento de Radioterapia IPO Porto.

Co-Orientadora:

Dra. Cristina Maria da Conceição Dias Monteiro

Afiliação: Centro Hospitalar do Porto/ Departamento de Obstetrícia

## Índice

|  |    |
|--|----|
| Resumo .....   | 3  |
| Abstract.....  | 4  |
| 1. Introdução.....   | 5  |
| 2. Desenvolvimento Teórico.....  | 8  |
| 2.1 Radiação.....  | 8  |
| 2.2 Dosimetria.....  | 9  |
| 2.2.1 Dose Absorvida .....   | 9  |
| 2.2.2 Dose Equivalente .....   | 9  |
| 2.2.3 Dose Efectiva.....   | 10 |
| 2.3 Efeitos biológicos da Radiação.....                                    | 11 |
| 2.3.1 Efeito Directo .....   | 11 |
| 2.3.2 Efeito Indirecto .....   | 12 |
| 2.3.3 Regeneração Celular.....   | 12 |
| 2.3.4 Altas doses (efeitos agudos).....                                    | 13 |
| 2.3.5 Baixas doses (efeitos crónicos) .....                                | 14 |
| 2.4 Efeitos da radiação na Gravidez .....                                  | 15 |
| 2.5 Fontes Médicas de Radiação Ionizante.....                              | 17 |
| 2.6 Abordagem da Grávida exposta a Radiação: Guidelines Internacionais ... | 20 |
| 2.7 Percepção do risco de radiação: Dados clínicos e “Case-Reports” .....  | 24 |
| 3. Conclusão.....  | 27 |
| 4. Bibliografia.....   | 29 |

## **Resumo**

O desastre nuclear da central de Fukushima, no Japão, volta a pôr na ordem do dia a discussão dos efeitos nocivos da radiação ionizante. A exposição accidental e/ou intencional da grávida, pode condicionar efeitos secundários importantes no embrião. A decisão de utilizar exames imagiológicos (Raio-X, TC e Medicina Nuclear) e/ou terapêuticas (Radioterapia p. ex.) que utilizam radiação ionizante, na grávida, é uma fonte de controvérsia e ansiedade, quer para o clínico quer para a doente. Para melhor compreender as decisões de expor ou não uma grávida a radiação é importante uma revisão detalhada dos princípios físicos e dos efeitos biológicos da mesma, uma análise cuidada dos procedimentos médicos que possam emitir radiação ionizante e uma revisão de “guidelines” actuais na abordagem da grávida exposta a radiação. A apresentação de alguns “case-reports” permite entender como o conhecimento dos profissionais sobre os efeitos induzidos pela exposição do embrião à radiação, pode influenciar a decisão de prescrição de exames diagnósticos de imagem e/ou terapêutica.

**Palavras-chave:** Radiação ionizante, Gravidez, Embrião, Teratogénicos, Radioterapia, Raio-X, TC, PET.

### **Abstract**

The Fukushima nuclear disaster, in Japan, puts on today's agenda the discussion of the hazardous effects of radiation. The accidental and/or intentional exposure of pregnant patients to ionizing radiation may lead to the appearance of major side effects in the embryo. The decision to prescribe a pregnant woman radiologic exams (X-ray, CT and Nuclear Medicine) and/or therapies (Radiotherapy i.e.) that use ionizing radiation is a source of great controversy and anxiety both for the patient and her doctor. To better understand the decision to expose a pregnant woman to ionizing radiation, it is important to review in detail the physic principles and the biologic effects of radiation, to perform a careful analysis of the medical procedures that use ionizing radiation and to review recent guidelines of approach of the pregnant patient exposed to such radiation. The discussion of several case-reports, allows us to understand in what way the clinicians' knowledge of the effects induced by the embryo's exposure to radiation influence the decision to prescribe radiologic exams and/or therapy.

**Key Words:** Ionizing Radiation, Pregnancy, Embryo, Teratogens, Radiotherapy, X-Ray, CT, PET scan.

## 1. Introdução

A radiação é parte integrante do nosso meio ambiente e existe livremente na natureza desde a formação do planeta Terra. A exposição diária do ser humano à radiação pode ocorrer de forma natural, como no caso das radiações cósmicas, da radiação presente na água e nos alimentos que ingerimos, no ar que respiramos ou ainda nos materiais que usamos na construção.<sup>(1, 2)</sup> Esta exposição representa aproximadamente 50% do total da radiação a que um indivíduo está sujeito durante um ano. A outra metade corresponde à radiação produzida pelo Homem, sendo exemplos disso a energia nuclear, os exames diagnósticos de imagem (RX e TC), os tratamentos de Radioterapia, telemóveis, aparelhos eléctricos, etc.<sup>(1)</sup>

Cada pessoa pode ser exposta, inadvertidamente, em média a 3,1 millisievert (3,1 miligray) por ano, podendo esse valor duplicar dependendo da exposição variada à radiação, nomeadamente à necessidade de prestação de cuidados médicos, laboral, viagens aéreas, entre outros.<sup>(1)</sup> Para além disso, a radiação pode ser classificada como ionizante e não-ionizante, dependendo das suas características físicas.<sup>(3)</sup> Contudo, aquela que mais preocupa os profissionais de saúde é a primeira, uma vez que, é capaz de interagir directamente com os tecidos a nível atómico, causando alterações no ADN celular e consequentemente a dano e eventualmente levar à morte.<sup>(3, 4)</sup> A radiação é, por isso, um dos agentes nocivos mais bem estudados no mundo. Por sua vez, a Radiobiologia é a ciência que estuda o efeito da radiação nos tecidos biológicos, sendo responsável pela compreensão pormenorizada de todos os efeitos biológicos da irradiação nos seres vivos.<sup>(4)</sup>

Historicamente, o primeiro caso relatado de efeitos adversos da radiação data do início do século XIX, após a descoberta dos Raios-X por Wilhelm Röntgen.<sup>(2, 5, 6)</sup> Desde então, nos últimos 2 séculos, vários têm sido os eventos em que a libertação de grandes quantidades de radiação resultou num grande custo para a vida humana, deixando o mundo de sobreaviso para os seus efeitos carcinogénicos, teratogénicos e mutagénicos.<sup>(2)</sup> Estes incidentes são o alicerce de muitos dos estudos de base populacional acerca dos efeitos nefastos da radiação ionizante nos embriões. Dentro dos mais memoráveis, encontram-se o ataque a Hiroshima e Nagasaki com bombas atómicas em 1945, a explosão do reactor de Chernobyl em 1968 e, mais recentemente, o acidente nuclear de Fukushima em Março de 2011.<sup>(1, 7, 8)</sup>

Apesar da crescente preocupação acerca dos efeitos adversos da radiação ionizante sobre o ser humano, o seu uso médico continuou a aumentar, estimando-se que cerca de 225 mil radiografias tenham sido realizadas nos EUA durante 1980, e que esse número se elevou para 330 mil em 2006.<sup>(2)</sup> Um dos grupos em que o uso de radiação diagnóstica é mais inquietante são as mulheres grávidas, já que, o embrião em formação é particularmente sensível à radiação podendo sofrer alterações no seu genoma significativamente mais deletérias do que as que ocorrem no adulto.<sup>(9)</sup> Neste grupo, o recurso a exames de imagem aumentou cerca de 121% entre 1997 e 2006, sendo que este aumento, cerca de 25% por ano, se deve ao número de TC realizadas.<sup>(3, 10)</sup>

É compreensível que a exposição a este tipo de radiação constitua, não só um factor de *stress* para a mulher grávida como para o clínico que a acompanha, que muitas das vezes tende a sobrestimar o risco teratogénico.<sup>(3, 9,</sup>

<sup>11)</sup> Torna-se importante, então, na presença deste tipo de pacientes e na iminência da realização de exames complementares de diagnóstico tentar cumprir o objectivo de “prevenir a exposição desnecessária do feto à radiação quando os exames diagnósticos que envolvem o uso de radiação ionizante estejam indicados na gravidez”<sup>(12)</sup>, o que vai de encontro ao princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*).<sup>(3)</sup>

Porém, os exames auxiliares de diagnóstico não são as únicas fontes médicas de radiação ionizante. A realização de tratamentos de radioterapia implica a exposição a valores muito elevados de radiação, apesar da evolução tecnológica dos aparelhos de radioterapia que nos últimos anos permite uma terapia muito mais localizada ao tumor, poupando os tecidos adjacentes.<sup>(13)</sup> Perante isto, a radioterapia deve ser desaconselhada durante a gravidez tendo em conta o risco/benefício do uso desta terapia, embora em algumas situações isso seja impossível de evitar, quando por desconhecimento ou ocultação do facto pela doente, ou ainda por estado avançado da doença.

No entanto, existe não só uma falta de divulgação de guidelines concretas e específicas que minimizem o risco de se estar a expor uma gestante a quantidades perigosas de radiação, seja ela proveniente de exames diagnósticos ou radioterapia, assim como, um desconhecimento geral acerca dos possíveis efeitos da radiação no feto.<sup>(9, 10)</sup> Esta incerteza leva a que a decisão de expor a grávida a radiação esteja dependente do critério de cada

clínico e varie de acordo com o conhecimento que cada um possui sobre os seus efeitos biológicos.<sup>(9)</sup>

É, então, crucial que todos os clínicos tenham ao seu alcance a informação necessária para poder tomar decisões conscientes e ponderadas, assim como, aconselhar a doente, tanto em situações em que se prevê a necessidade de exposição, como após a exposição acidental da mulher que desconhecia o seu estado gravídico.



## 2. Desenvolvimento Teórico

O conhecimento dos princípios radiobiológicos das radiações é de extrema importância para que seja possível perceber, de que forma se criam condições para o aparecimento de efeitos malformativos e carcinogénicos, no feto cuja mãe foi sujeita a radiação. Saber o que é a radiação, que tipos de radiação existem, conhecer os efeitos biológicos sobre as células humanas, que leque de doses cada aparelho é capaz de emitir, calcular a dose final a que cada indivíduo foi exposto, entre outros.<sup>(4, 9, 14)</sup>

Só na posse da informação atrás referida, é possível compreender como se elaboram protocolos para prevenir a irradiação de grávidas, ou, caso seja eminentemente necessário a exposição à radiação como proteger o feto em desenvolvimento.<sup>(3, 9, 14)</sup>

Não menos importante, devemos perceber se os efeitos da radiação sobre o feto são tão deletérios quanto os profissionais de saúde temem, causando um elevado grau de indecisão/ansiedade quando se encontram na presença de uma grávida inadvertidamente exposta a radiação, quer sobre a forma de exames complementares de diagnóstico quer terapêutica com radiações ionizantes. Devemos ter sempre em atenção que mesmo exposições a pequenas quantidades de radiação carregam sempre algum risco para o indivíduo.<sup>(3, 14)</sup>

### 2.1 Radiação

A radiação consiste na emissão de energia sob a forma de partículas radioactivas/aceleradas a alta velocidade ou sob a forma de ondas electromagnéticas.<sup>(3, 15)</sup> O ser humano está diariamente em contacto com ondas electromagnéticas. Estas constituem o espectro electromagnético, que inclui tanto o espectro visível (as ondas capazes de serem captadas pelo olho humano), quanto as ondas ultravioletas (UV), as microondas e as ondas de rádio. Todavia, os exemplos previamente citados não possuem energia suficiente para separar moléculas ou remover electrões, responsáveis pela ionização dos átomos e consequentemente responsáveis pela lesão das células humanas.<sup>(3, 15)</sup> A este tipo de radiação dá-se o nome de Radiação não-ionizante, e a sua interacção com os tecidos faz-se através da génese de calor.<sup>(3)</sup>

A Radiação Ionizante inclui as partículas beta, alfa, os raios gama e os raios-X.<sup>(3)</sup> São ondas electromagnéticas com comprimentos de onda curtos e frequência elevada, que possuem energia capaz de afectar a estrutura normal

da célula tanto directa, como indirectamente.<sup>(2, 3)</sup> As partículas alfa e beta geralmente não representam um risco significativo quando emitidas, visto que o seu potencial de penetração no corpo humano, não ultrapassa as primeiras camadas de pele. Contudo podem ter efeitos adversos quando ingeridas, inaladas ou injectadas.<sup>(8, 16)</sup> Já os raios gama e os raios-X penetram facilmente os tecidos, causando lesões orgânicas.<sup>(8)</sup> É este tipo de radiação que mais preocupa os profissionais e pode, se em quantidade suficiente, ser deletéria ou mesmo letal para os seres vivos.

## 2.2 Dosimetria

Para compreender os efeitos biológicos da radiação, é necessário estarmos familiarizados com a sua dosimetria.<sup>(4)</sup> Importa perceber os efeitos que os diferentes tipos de ondas produzem sobre os diferentes tecidos, assim como, perceber que estes efeitos estão dependentes da quantidade de radiação a que os tecidos estão expostos. Para simplificar este conhecimento, foram criados unidades e conceitos chave com os quais, os profissionais são capazes de trabalhar, bem como calcular as doses de exposição à radiação a que um indivíduo pode estar sujeito.

### 2.2.1 Dose Absorvida

A dose absorvida consiste na quantidade de radiação absorvida por unidade de massa de um meio/material (ex.: chumbo, madeira, tecido biológico) e pode ser expressa em rad (*Radiation Absorbed Dose*) ou mais recentemente em Gray (Gy).<sup>(4, 15, 17)</sup> Embora ambas as unidades possam ser utilizadas, uma não equivale linearmente á outra, sendo a sua relação de 1:100, ou seja, 1 Gy corresponde a 100 rad.<sup>(8, 15, 17, 18)</sup> Como um Gy é um valor muito elevado, ao longo do texto também serão utilizadas unidades mais pequenas como cGy (centigray), que equivale a 1 rad, e mGy (miligray), que equivale a 0,1 rad.

### 2.2.2 Dose Equivalente

Como os efeitos biológicos estão dependentes não só do total de energia absorvida, como do tipo de radiação utilizada, foi necessário criar uma medida que expressasse com algum rigor, o potencial risco biológico da irradiação de um sujeito.<sup>(4, 17)</sup> A dose equivalente relaciona a dose absorvida pelo meio, neste caso o tecido humano, com a capacidade de causar dano

biológico produzida pelos diferentes tipos de radiação emitida.<sup>(15)</sup> É expressa em rem (*Röntgen Equivalent Man*) ou em Sievert (Sv).<sup>(4, 8, 15, 17)</sup> Neste caso, tal como no da dose absorvida ambas as unidades podem ser utilizadas, tendo também uma relação de 1:100, em que 1 Sv corresponde a 100 rem.<sup>(15)</sup> Para calcular a dose equivalente em rem (DE), é necessário multiplicar a dose absorvida (DA) em rad, por um factor de qualidade ou ponderação (Q), que difere para os diferentes tipos de radiação (*Tabela 1*), através da seguinte fórmula  $DE (rem) = DA (rad) \times Q$ .<sup>(4, 15)</sup>

| Tipo de Radiação, R   | Série de Energia | Factor de Ponderação |
|---|------------------|----------------------|
| Fotões, electrões   | Qualquer energia | 1                    |
| Neutrões  | <10 keV          | 5                    |
|   | 10 – 100 keV     | 10                   |
|   | 100 keV – 2MeV   | 20                   |
|   | 2 – 20 MeV       | 10                   |
|   | > 20 MeV         | 5                    |
| Protões   | <20 MeV          | 5                    |
| Partículas alfa, fragmentos de fissão, núcleos pesados  |                  | 20                   |
| Adaptado de ICRP, 1995. Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients. ICRP Publication 72. Ann. ICRP 26 (1). |                  |                      |

Tabela 1. Factores de qualidade/ponderação

A grande maioria da radiação usada nos exames auxiliares de diagnóstico (radiação gama e raios-X) tem um factor de qualidade/ponderação de 1. Por exemplo, se a radiação absorvida fosse no valor de 1 rad, e o factor de ponderação também de 1, a dose equivalente estimada seria de 1 rem. Assim, ao longo do texto enquanto se estiver a discutir os valores de radiação durante a realização de exames auxiliares de diagnóstico, ir-se-á assumir que a dose absorvida é igual à dose equivalente devido ao seu factor de ponderação ser 1.<sup>(4)</sup>

### 2.2.3 Dose Efectiva

A dose equivalente, quando o corpo é irradiado uniformemente, traduz a probabilidade do aparecimento de efeitos carcinogénicos e malformativos de maneira proporcional à quantidade de radiação a que foi exposto. Todavia, esta exposição uniforme é bastante incomum e por isso foi criado o conceito de dose efectiva, que consiste na soma ponderada da dose equivalente de todos os tecidos irradiados. Cada tecido possui um factor de ponderação diferente, dependendo da sua capacidade de resistir aos efeitos nocivos da

radiação (*Tabela 2*). A seguinte fórmula é utilizada para estabelecer o valor de dose efectiva,  $E = \sum wt \times DEt$ , em que  $wt$  é a soma de todos os factores de ponderação dos tecidos irradiados,  $DEt$  o total da dose equivalente e  $E$  é expresso em Sv. O valor final obtido exprime assim uma estimativa muito aproximada da realidade, da quantidade de radiação a que um indivíduo esteve exposto e o seu potencial para causar dano celular.<sup>(15)</sup> Na mulher grávida, a grande preocupação é a irradiação do feto que se encontra na cavidade abdominal, devendo ter-se em consideração que a dose efectiva a que este esteve sujeito é muito aproximada da dose absorvida/equivalente recebida pelo útero da paciente.<sup>(18)</sup>

| Tecidos  | $wt$  | $\sum wt$ |
|--|-------|-----------|
| Medula óssea vermelha, Colon, Pulmão, Estômago, Mama, Restantes tecidos* | 0,12  | 0,72      |
| Gónadas  | 0,08  | 0,08      |
| Bexiga, Esófago, Fígado, Tiróide   | 0,04  | 0,16      |
| Superfície Óssea, Encéfalo, Glândulas Salivares, Pele                    | 0,01  | 0,04      |
|  | Total | 1,00      |

\*Restantes tecidos: Adrenais, região extratorácica, Vesícula, Coração, Rim, Nódulos linfáticos, Músculo, Mucosa Oral, Pâncreas, Próstata, Intestino delgado, Timo, Baço e Útero/Cervix  
Adaptado de ICRP, 1996. Radiological Protection and Safety in Medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26 (2).

Tabela 2. Factores de ponderação de tecidos

## 2.3 Efeitos biológicos da Radiação

Para além de conhecer os diferentes tipos de radiação e saber como calcular a quantidade de radiação captada pelos diferentes tecidos, é importante entender qual os seus efeitos sobre o ser humano. Embora haja uma tendência para se pensar que a radiação ionizante actua directamente sobre a célula viva, na realidade esta interacção é feita a nível atómico, através de um processo denominado ionização. Desta forma, a radiação interage com átomos, que podem modificar moléculas, alterar as células, transformar tecidos, afectar órgãos e que finalmente podem ter repercussões a nível do normal funcionamento do organismo.<sup>(19)</sup>

A radiação pode afectar as células através de dois mecanismos essenciais: o efeito directo e o indirecto.<sup>(19)</sup>

### 2.3.1 Efeito Directo

O efeito directo caracteriza-se pela interacção da radiação com os átomos da cadeia da molécula de ADN.<sup>(3, 19)</sup> Esta interacção pode comprometer

a capacidade da célula de se reproduzir e, desta forma, sobreviver. Se a radiação for capaz de provocar alterações significativas na informação cromossómica, pode causar a morte celular por efeito “directo”.<sup>(19)</sup>

### 2.3.2 Efeito Indirecto

A probabilidade da radiação atingir o núcleo e em consequência o ADN celular é relativamente pequena, uma vez que, estes componentes constituem uma porção pequena na célula em si.<sup>(19)</sup> O efeito indirecto caracteriza-se, então, pela interacção da radiação com as moléculas de água que compõem a porção maior da célula.<sup>(3, 19)</sup> Isto causa uma ruptura da molécula de  $H_2O$  em H e OH (radicais livres de hidrogénio e hidróxido), que ao se combinarem com outros elementos da célula, podem formar compostos tóxicos como o peróxido de hidrogénio ( $H_2O_2$ ), que lesa a célula e contribui para a sua destruição.<sup>(19)</sup>

### 2.3.3 Regeneração Celular

As células do organismo humano tem uma grande capacidade de regeneração, e quando sujeitas a radiação podem ser capazes de se auto-reparar e continuar a funcionar normalmente. Todavia, se esta reparação não ocorre ou é feita de maneira incorrecta, três possíveis desfechos podem ser esperados: o dano é tão severo que a célula afectada morre; ou a célula ainda mantém a sua capacidade de replicação, mas as células filhas não tem elementos essenciais à sua sobrevivência e morrem; ou ainda, a célula adquire uma alteração que perpetua ao longo da sua linhagem celular.<sup>(19)</sup>

Contudo, as células não são todas igualmente sensíveis à radiação. O ciclo celular das células eucariotas é composto por 4 fases: G1, M, S e G2, durante as quais as moléculas de ADN se encontram mais ou menos condensadas no interior da célula, estando mais ou menos expostas e sensíveis à radiação. De uma maneira geral, as células com maior actividade mitótica estão mais susceptíveis, principalmente durante as fases M e G1, do que as que já completaram a sua divisão, numa fase S tardia ou G2, ou que já se encontram diferenciadas.<sup>(4)</sup> Como resultado, os tecidos que tem células com alto grau de proliferação tem maior sensibilidade à radiação, sendo as mais sensíveis as do sistema hematopoiético e logo a seguir as do sistema reprodutivo (células germinativas e embrião em formação) e gastrointestinal.<sup>(19)</sup>

Os efeitos da exposição podem ainda ser classificados em Determinísticos ou Estocásticos. Determinísticos se a lesão ou morte celular for consequência da exposição a radiação, estando a severidade dos efeitos dependentes da dose emitida. Normalmente estes efeitos resultam de lesões em múltiplas células. Existe um limiar de dose a partir do qual a irradiação tem efeitos nefastos observáveis. Abaixo desse limiar não ocorrem alterações celulares.<sup>(3, 4, 8, 9, 20)</sup> Estocásticos se a radiação provoca alteração na célula, mas esta mantém a sua capacidade de replicação, podendo no futuro degenerar.<sup>(3)</sup> Os efeitos estocásticos não apresentam um limiar de dose e são a base do modelo de conhecimento mais recente em que qualquer dose de radiação, por mais baixa que seja, provoca um efeito – o Modelo Linear sem Limiar (Figura 1).<sup>(3, 4, 8, 9, 20)</sup>

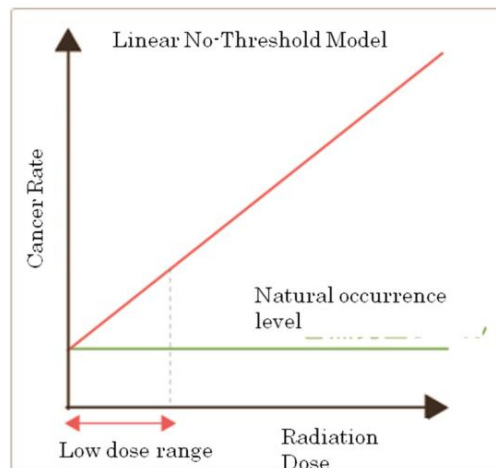


Figura 1. Modelo Linear sem Limiar<sup>1</sup>

Os efeitos biológicos da radiação são tipicamente divididos em duas grandes categorias:

#### 2.3.4 Altas doses (efeitos agudos)

Esta categoria caracteriza-se pela exposição do indivíduo a altas doses de radiação durante reduzidos períodos de tempo, produzindo efeitos a curto-prazo. As doses elevadas de radiação normalmente causam a morte celular, o que consequentemente tem repercussões a nível do organismo. Esta resposta do organismo à radiação designa-se “*Acute Radiation Syndrome*”, e pode incluir desde sintomas como náuseas, vômitos, fadiga, anorexia (se a dose de radiação não exceder os 150 rad) até alterações do sistema hematopoiético, coagulopatias, alterações gastrointestinais e neurológicas que causam a morte. Contudo, outros efeitos podem também ser observados, nomeadamente radiodermites de intensidade variada desde o eritema até queimaduras, alopecia, esterilidade e cataratas, entre outras.<sup>(1, 19)</sup>

O limiar de radiação que causa morte é estabelecido quando o sujeito é exposto a uma dose de radiação superior a 150 rad, sendo que para doses superiores a 320 rad, 50% dos indivíduos expostos morrerão em 60 dias, e

1 – retirado de <http://www.dailykos.com/story/2011/07/12/991922/-Protecting-Children-Against-Radiation-Japanese-Parents-and-Students-Take-Issue-Into-Their-Own-Hands> em 14/05/13

para doses superiores a 2000 rad a morte é garantido que ocorra, visto que o sistema nervoso central se torna incapaz de controlar as funções corporais básicas.<sup>(19)</sup>

Durante o desastre de Chernobyl, perto de 150 trabalhadores sofreram exposição a altas doses de radiação, e desses, 28 morreram ao fim de um ano, sendo este caso representativo de morte por envenenamento radiógeno.<sup>(1)</sup>

#### 2.3.5 Baixas doses (efeitos crónicos)

Esta categoria caracteriza-se pela exposição a baixas doses de radiação por longos períodos de tempo.<sup>(19)</sup> Os efeitos observados não são imediatos e podem aparecer normalmente 5 a 20 anos após a exposição.<sup>(1)</sup> Doses baixas alteram as características celulares através da alteração do ADN celular, e assim podem-se observar três tipos de efeitos:<sup>(19)</sup>

Os efeitos genéticos, observados na descendência do sujeito exposto, resultam da alteração celular sofrida pelas células germinativas.<sup>(1, 19)</sup> Estes efeitos podem ser encontrados na descendência directa ou só passado várias gerações, dependendo dos genes que foram mutados (dominantes ou recessivos).<sup>(1)</sup> De referir que a radiação apenas aumenta a taxa de mutações espontâneas, não produzindo novas mutações no organismo.<sup>(19)</sup>

Os efeitos somáticos são primariamente observados no indivíduo exposto. O desenvolvimento de células cancerígenas enquadra-se nesta categoria, de tal maneira, que muitas das vezes este efeito é denominado como carcinogénico. São efeitos que ocorrem em indivíduos com exposição ocupacional a diferentes tipos de radiação (ex.: mineiros de urânio).<sup>(19)</sup> A probabilidade de aparecimento de efeitos carcinogénicos é cinco vezes superior ao aparecimento de efeitos genéticos.<sup>(1)</sup>

O efeito "in-utero" representa um caso especial de efeito somático, pois irradia o embrião que se encontra no abdómen materno. Este efeito é dependente da idade gestacional e da quantidade de radiação a que o feto é exposto.<sup>(19)</sup> Vários eventos podem ocorrer, desde abortos espontâneos, malformações fetais (ex.: microcefalia), alterações neurocomportamentais (ex.: redução do quociente de inteligência - Q.I., atraso mental), atrasos no crescimento (ex.: restrição do crescimento intra-uterino) e cancro da infância.<sup>(3, 4, 7, 8, 21)</sup> Este é o efeito que mais preocupa o clínico, perante uma mulher grávida, tendo em conta que doses pequenas de radiação podem causar efeitos devastadores no feto em formação. Interessa conhecer os efeitos "in-utero"

produzidos no embrião e seus órgãos, em função da quantidade e da sensibilidade á radiação, nas diferentes fases de gestação.

| Dose aguda de radiação*      | Desenvolvimento Fetal/Embrionário  |  |  |   |   |
|------------------------------|--|--|--|---|---|
|                              | Blastogénese<br>(2 semanas pós concepção)  | Organogénese<br>(2 – 8 semanas)  | Fetogénese   |   |   |
|                              |  |  | 8 – 15<br>semanas  | 16 – 25<br>semanas  | 26 – 38<br>semanas  |
| < 0,05 Gy (5 rad) †          | Não são detectáveis efeitos teratogénicos  |  |  |   |   |
| 0,05 – 0,50 Gy (5 – 50 rads) | Incidência no fracasso da implantação pode aumentar ligeiramente mas os embriões que sobrevivem provavelmente não sofrerão efeitos nefastos da radiação. | Incidência de malformações major pode aumentar ligeiramente. Possível atraso no crescimento.                       | Possível atraso no crescimento; Possível redução no QI (até um máximo de 15 pontos); Incidência de atraso mental severo até 20% dos casos.   | Não são detectáveis efeitos teratogénicos   |   |
| > 0,50 Gy (50 rads)¶         | Incidência no fracasso da implantação é elevada‡, mas os embriões que sobrevivem provavelmente não sofrerão efeitos nefastos da radiação.                | Incidência de aborto pode aumentar; Risco substancial de malformações major (SNC); Provável atraso no crescimento. | Incidência de aborto aumenta com a dose; Provável atraso no crescimento; Possível redução no QI (mais de 15 pontos); Incidência de atraso mental severo superior a 20%; Incidência aumentada de malformações major | Incidência de aborto aumenta com a dose; Possível atraso no crescimento, redução do QI, e atraso mental severo dependendo da dose; Incidência aumentada de malformações major | Incidência de aborto e morte neonatal aumenta com a dose. |

\* - Dose aguda é administrada num período curto de tempo (normalmente minutos), enquanto a dose fraccionada ou crónica é administrada ao longo do tempo. Os efeitos sobre o feto podem variar no caso das doses crónicas.

† - Tanto Gy como rad são medidas de dose absorvida. Neste documento a dose absorvida é equivalente aquela recebida pelo feto.

‡ - Efeito é dose dependente. Uma dose de 1 Gy (100 rads) vai provavelmente matar 50% dos embriões.

¶ - Grávidas podem sofrer de envenenamento por radiação, dependendo da dose irradiada.

Abreviaturas: SNC – Sistema Nervoso Central; QI – Quociente de Inteligência

Adaptado do *Centers for Disease Control and Prevention. Radiation and pregnancy: a fact sheet for clinicians.*  
<http://www.bt.cdc.gov/radiation/prenatalphysician.asp>. Acedido em 15 de maio, 2013.

Tabela 3. Potenciais efeitos não carcinogénicos da exposição pré-natal à radiação

## 2.4 Efeitos da radiação na Gravidez

Os efeitos da radiação durante a gravidez dividem-se em dois grandes grupos: os teratogénicos e os carcinogénicos. Não esquecer que a irradiação não é feita directamente sobre o feto, já que, os tecidos moles e o útero da mulher conferem algum grau de protecção.<sup>(8)</sup> Os efeitos teratogénicos podem ser variados e dependem de dois grandes factores: a semana de gestação e o valor da dose efectiva de radiação (*Tabela 3*).<sup>(4)</sup>

As primeiras duas semanas após a concepção são fulcrais para a sobrevivência do embrião, e representam a primeira fase de grande susceptibilidade. Neste momento ocorre a implantação do blastocisto na



parede uterina. Com valores de radiação superiores a 0,1 Gy (10 rad) este passo poderá não ocorrer, resultando num aborto espontâneo.<sup>(3, 10)</sup> Com valores superiores a 0,5 Gy, a probabilidade de ocorrer um aborto é muito elevada.<sup>(3)</sup> Todavia, os embriões que sobrevivem e se implantam continuam o seu desenvolvimento normalmente, com um risco de malformações igual ao do embrião não irradiado. Este efeito é designado como a lei do “tudo ou nada”.<sup>(3, 4, 11, 17, 20, 21)</sup>

A segunda fase de susceptibilidade ocorre entre a terceira semana de gestação e a oitava, em que se inicia a formação dos órgãos do embrião, ou seja, a organogénese. Nesta etapa, a exposição a doses efectivas de radiação superiores a 0,1-0,2 Gy aumenta o risco do aparecimento de malformações de qualquer órgão (p. ex. microcefalia, microftalmia, restrição do crescimento e cataratas).<sup>(3, 20)</sup>

Entre a oitava e a décima quinta semana de gestação, terceira fase de susceptibilidade, o embrião incorre num maior risco de atraso mental, uma vez que, é durante este período que se forma o Sistema Nervoso Central.<sup>(8, 17)</sup> O aumento da actividade mitótica das células neurais e a sua migração torna-as extremamente radiosensíveis.<sup>(17, 20, 22)</sup> Não se observam alterações no QI para doses de radiação inferior a 0,1 Gy.<sup>(20)</sup> Contudo se o embrião for exposto a valores superiores a 0,35 - 0,5 Gy a probabilidade de atraso mental severo é muito elevada.<sup>(8)</sup> Para além disso, estima-se que a cada aumento de 1 Gy acima de 0,1 Gy implica uma diminuição de 25 a 30 pontos no QI de uma criança.<sup>(3, 4)</sup>

Da décima quinta semana e até ao final da gestação, são necessários valores elevados de radiação para que ocorram alterações no embrião, quase formado.<sup>(4, 17, 20)</sup> O valor limite de radiação para o aparecimento de alterações passa a ser entre 0,5 e 0,7 Gy.<sup>(3)</sup> Todavia, devemos reter que, para valores acima de 0,5 Gy, aumentam o risco de restrição de crescimento, redução de QI, atraso mental severo e malformações. Um embrião de termo corre alto risco de morte, apenas quando exposto a uma dose de radiação de 200 Gy.<sup>(8)</sup>

Ao longo de toda a gravidez existe o risco de efeitos carcinogénicos após a exposição do embrião à radiação. Como é um exemplo de um efeito estocástico, não existe um limiar a partir do qual o risco é superior, significando que qualquer dose de radiação, por mais baixa que seja pode induzir a formação de células cancerígenas.<sup>(14, 17)</sup> Porém, a relação entre a dose de radiação a que o embrião foi exposto e o aparecimento de cancro ainda não se encontra totalmente estabelecida.<sup>(1, 3, 23)</sup> O *Oxford Survey of Childhood*

*Cancers* sugere que o risco de carcinogénese é superior no primeiro trimestre do que no segundo e terceiro, com riscos relativos de 3.19, 1.29 e 1.30, respectivamente.<sup>(10)</sup> De acordo com a publicação 84 da *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) um embrião que tenha sido exposto a um valor de 0,01 Gy tem um risco de 1,4, de vir a desenvolver uma neoplasia.<sup>(4, 24)</sup> A neoplasia mais frequente relacionada com a radiação é a leucemia, devido ao rápido turnover de células hematopoiéticas, já que são mais susceptíveis a alterações nas suas moléculas de ADN.<sup>(19)</sup> No entanto, foi reportado que o risco de cancro fatal ao longo da vida por cada 10,000 nados vivos é de 18%, e que se estes fossem sujeitos a 10 mSv, apenas ocorreria um caso extra de cancro nesta população.<sup>(9)</sup> Como a probabilidade de aparecimento de neoplasia não é linear e não se correlaciona directamente com o valor de radiação a que cada indivíduo está exposto, não está indicada, à partida, a discussão do aumento deste risco em mulheres irradiadas.<sup>(10)</sup> Segundo o *American College of Radiology*, em vez de se referir que a criança tem uma probabilidade pequena de vir a desenvolver neoplasia, é preferível aconselhar a grávida, dizendo que a “criança terá a mesma hipótese de ter uma vida saudável como qualquer outra criança porque o risco de vir a desenvolver uma neoplasia é muito pequeno”.<sup>(20)</sup> Portanto, nesta monografia quando se debater a abordagem à grávida exposta a radiação ionizante não se irá abordar o aconselhamento para os potenciais efeitos carcinogénicos, apenas para os efeitos teratogénicos.

## 2.5 Fontes Médicas de Radiação Ionizante

A irradiação por fontes médicas pode ocorrer inadvertidamente e/ou intencionalmente quando há necessidade de sujeitar a grávida a exames complementares de diagnóstico (TC, Raio-X, medicina nuclear p. ex.) e/ou a tratamentos (radioterapia p. ex.) que usem radiação ionizante. O potencial efeito que estas fontes podem ter sobre o embrião em crescimento criam ansiedade tanto na mãe como no clínico e podem condicionar as decisões clínicas.<sup>(9)</sup> Assim é de extrema importância perceber quais as principais fontes de radiação ionizante e quais as mais utilizadas pelos profissionais. A grande maioria dos exames diagnósticos que usam radiação ionizante expõe o embrião a valores inferiores a 0,05 Gy (5 rad), que podem ser considerados negligenciáveis na indução de efeitos teratogénicos, sendo quase indistinguíveis do zero quando comparados com outros riscos na gravidez (os

riscos normais da gravidez aqui referidos incluem os 15% de risco de aborto espontâneo, 4% de risco de atraso no crescimento e prematuridade, 3% de risco de malformações espontâneas e 1% de risco de atraso mental).<sup>(2, 3, 9, 14)</sup> Os valores estimados de radiação emitidos pelos diferentes exames diagnósticos podem ser observados na *Tabela 4*.

Um dos métodos de diagnóstico mais utilizado no serviço de urgência é

| Exames Complementares               | Dose fetal, rad |
|-------------------------------------|-----------------|
| <b>Raio-X:</b>                      |                 |
| Extremidade superior                | <0,001          |
| Extremidade inferior                | <0,001          |
| Exame digestivo baritado            | 0,048 – 0,360   |
| Colecistografia                     | 0,005 – 0,060   |
| Coluna Lombar                       | 0,346 – 0,620   |
| Pelve                               | 0,040 – 0,238   |
| Anca e Fémur                        | 0,051 – 0,370   |
| Tórax (2 incidências)               | <0,010          |
| Mamografia                          | 0,007 – 0,020   |
| Retropielografia                    | 0,800           |
| Abdómen (rim, bexiga e ureter)      | 0,200 – 0,245   |
| Urografia (pielografia intravenosa) | 0,358 – 1,398   |
| Enema de Bário                      | 0,700 – 3,986   |
| <b>TC:</b>                          |                 |
| Crânio                              | <0,050          |
| Tórax                               | 0,100 – 0,450   |
| Abdómen (10 cortes)                 | 0,240 – 2,600   |
| Abdómen e Pelve                     | 0,640           |
| Pelve                               | 0,730           |
| Coluna Lombar                       | 3,500           |
| <b>Outros:</b>                      |                 |
| Exame ventilação-perfusão           | 0,06 – 1,00     |
| PET de corpo inteiro                | 1,00 -1,50      |

**Tabela 4. Doses estimadas de radiação para procedimentos radiológicos comuns<sup>2</sup>**

o Raio-X. O seu uso não acarreta riscos acrescidos sobre o embrião em desenvolvimento desde que o útero da grávida se encontre fora do campo de incidência do raio. O embrião estará apenas exposto a radiação dispersa em doses mínimas.<sup>(2, 7)</sup> Para reduzir a ansiedade da grávida pode ser importante o uso de uma protecção de chumbo.<sup>(7, 20)</sup> Quando o útero se encontra no campo de incidência do Raio-X, como é o caso das radiografias abdominais, pélvicas e de coluna lombar é preciso ter em conta a espessura da parede abdominal da grávida, a direcção da projecção (se é anteroposterior, se posteroanterior ou lateral), a profundidade a que o feto se encontra e a técnica de aquisição das imagens (p. ex. qualidade da imagem, penetração).<sup>(7, 8)</sup>

<sup>2</sup> Adaptado de Ratnaplan, Savithiri et al – “Doctor, will that x-ray harm my unborn child”, CMAJ, December 2008 pp: 1293-1296 e McCollough, Cynthia et al – “Radiation Exposure and Pregnancy: When Should We be Concerned”, Radiographics, 2007 pp:909-17.

Outro método bastante utilizado é a Tomografia Computorizada (TC), que normalmente expõe a grávida a níveis mais elevados de radiação, embora a dose fetal normalmente não ultrapasse os 10 a 40 mGy.<sup>(7, 24)</sup> O seu uso tem aumentado exponencialmente nas últimas décadas, e apesar das preocupações com os seus efeitos secundários, continua a ser uma modalidade de imagem essencial para a triagem e diagnóstico de situações agudas, cujo atraso na identificação implique risco de vida para a mãe ou para o feto, como por exemplo trauma agudo, tromboembolismo pulmonar, nefrolitíase e apendicite aguda.<sup>(9-11, 14, 17, 25)</sup> Especialmente em situações de trauma/politrauma, o uso de TC é de extrema importância pela sua sensibilidade em detectar colecções de líquido, hemorragias retroperitoneais e lesões de órgãos.<sup>(9, 11, 26)</sup> Se o embrião estiver fora do campo de incidência do raio primário, os efeitos da exposição à radiação são negligenciáveis, tornando-se relativamente seguro a realização de TC ao crânio, coluna cervical, tórax e extremidades.<sup>(14)</sup> Quando o exame envolve o abdómen e a pelve, a dose a que o embrião está sujeito está dependente de parâmetros muito semelhantes aos da radiografia, nomeadamente proximidade ao útero da paciente, espessura da parede abdominal, profundidade do feto e as técnicas de aquisição de imagem (p. ex. diminuição da voltagem e da corrente, aumento da colimação do feixe, aumento da espessura dos cortes e limitação das áreas a visualizar).<sup>(4, 7, 11, 17)</sup> Felizmente, o feixe de radiação de TC é muito colimado, permitindo que este seja controlado com precisão e se consiga limitar a área a irradiar (ex.: rins).<sup>(24)</sup> A utilização de TC não deve ser adiada só porque a doente se encontra grávida, no entanto devem ser utilizados todos os meios disponíveis para reduzir a exposição à radiação.<sup>(4, 9, 17)</sup>

Pode ainda haver a necessidade de se utilizar técnicas de Medicina Nuclear (p. ex. Tomografia por emissão de positrões – PET), em que as doses de radiação variam dependendo do tipo de radionuclídeo utilizado.<sup>(7, 24)</sup> O uso de iodo radioactivo está desaconselhado na gravidez pelo perigo de afecção da tiróide do embrião, embora nenhum estudo tenha sido conclusivo.<sup>(14, 26)</sup> O gadolínio em altas doses foi provado ter efeitos nefastos em estudos animais, embora em humanos e em doses diagnósticas não se tenha observado efeitos deletérios.<sup>(26)</sup> O tecnécio-99m, devido à sua semi-vida curta, é o radionuclídeo mais frequentemente usado durante a gravidez.<sup>(24)</sup> Carecem, ainda, dados concretos sobre o uso de <sup>18</sup>F-FDG (radionuclídeo usado nas PET), que leva muitos clínicos a não utilizar esta técnica diagnóstica por risco de efeitos

indesejados. O uso destes radionuclídeos em grávidas é controverso por não existirem estudos definitivos em relação ao seu efeito sobre o feto, daí que cada caso deve ser avaliado individualmente pesando o risco/benefício da realização dos exames.<sup>(27)</sup>

Existem terapêuticas, Radioterapia, que administram doses de radiação ionizante a tecidos invadidos por células neoplásicas. Sempre que possível, a radioterapia deve ser evitada durante a gravidez, mas em circunstâncias especiais o seu uso pode ser essencial para salvar a vida da grávida.<sup>(24, 28, 29)</sup> A radioterapia pode ser utilizada com intuito curativo (neo-adjuvante, radical e adjuvante) e/ou paliativo.<sup>(30)</sup> Podemos dividir a radioterapia em externa, quando a fonte de radiação se encontra fora dos tecidos ou braquiterapia, quando a fonte de radiação se encontra no interior dos tecidos (intersticial), em cavidades naturais (endocavitária) ou dentro de lúmens (endoluminal).<sup>(13, 24)</sup> A radioterapia, de todas as formas de radiação é a que expõe a grávida a doses mais elevadas. As doses mais frequentes para o tratamento de neoplasias sólidas podem variar entre 45 – 60 Gy, quando para tratamentos neo-adjuvantes/adjuvantes, e variar entre 60 – 80 Gy, quando para tratamentos radicais, com fraccionamentos convencionais de 1,8 – 2,0 Gy durante 5 a 8 semanas.<sup>(31)</sup> Existem outros tipos de fraccionamento: híper e hipofraccionamento, com doses menores ou maiores por fracção. O limiar de dose para o aparecimento de efeitos teratogénicos no feto, geralmente não é atingido em neoplasias que sejam suficientemente afastadas da região abdominopélvica.<sup>(24, 28, 29, 32)</sup> As técnicas de radioterapia externa actualmente disponíveis são 2DRT, 3DRT, 4DRT, IGRT (Radioterapia guiada por imagem), IMRT (Radioterapia de intensidade modelada), Radiocirurgia, Radioterapia estereotática fraccionada, RIO (Radioterapia Intra-operatória) e TBI (Irradiação Corporal Total) e de Braquiterapia são HDR (Alta taxa de dose), LDR (Baixa taxa de dose) e PDR (Taxa de dose pulsada).<sup>(13, 33)</sup> Pela relação entre risco/benefício, a realização deste tipo tratamento na grávida deve tomada por um grupo de decisão multidisciplinar.<sup>(34)</sup>

## **2.6 Abordagem da Grávida exposta a Radiação: Guidelines Internacionais**

A abordagem da grávida exposta a radiação é bastante complexa e obriga o clínico a pesar o risco/benefício da utilização de exames complementares de diagnóstico e a realização de tratamentos que emitam radiação ionizante.<sup>(10, 20)</sup> Assim, para auxiliar na decisão de qual o melhor modo

de actuar foram criadas guidelines internacionais, por diferentes colégios americanos (*American College of Radiology – ACR*<sup>(20)</sup> e *American College of Obstetricians and Gynecologists – ACOG*<sup>(35)</sup>) e britânicos (*International Commission on Radiological Protection – ICRP*<sup>(24)</sup>). Podem ser ainda encontradas guidelines que prevêm a exposição de grávidas em situações especiais, como é no caso de trauma agudo (*The Eastern Association for the Surgery of Trauma – EAST*<sup>(11)</sup>). Neste capítulo será feito uma síntese das recomendações essenciais das diferentes guidelines.

De uma maneira geral, os diferentes colégios concordam que a maioria dos exames complementares de diagnóstico não apresenta um acréscimo do risco, para o embrião desenvolver malformações, morte fetal ou atraso mental.<sup>(20, 24, 35)</sup> O ACOG, inclusive, refere que “Mulheres devem ser esclarecidas que a exposição a raios-X de um único exame de diagnóstico não resulta em efeitos prejudiciais para o embrião. Especificamente que a exposição a menos de 5 rad não está associada a um aumento nas malformações fetais ou aborto espontâneo”.<sup>(35)</sup> Contudo, alguns exames auxiliares de diagnóstico podem ultrapassar este limiar de radiação absorvida pelo feto, especialmente se este estiver no campo de incidência do raio primário.<sup>(20)</sup> Portanto, segundo o ACR e o ICRP quando na presença de uma mulher em idade fértil, que vá ser sujeita a um exame que envolva doses mais elevadas de radiação é importante questionar para a possibilidade desta se encontrar grávida. No caso de a entrevista não fornecer informações suficientes, se houver um teste rápido de gravidez disponível, este deve ser realizado. Se o teste for positivo e o benefício ultrapassar o risco de realizar o exame radiológico, deverão então, ser tomadas medidas, que permitam a redução da dose de radiação a que a grávida e o feto estão expostos.<sup>(20, 24)</sup> Define-se então o princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), que tem três premissas principais: Justificação que advoga que qualquer actividade que implique o uso de radiação tenha um benefício superior ao risco dos efeitos secundários causados pela exposição. Optimização é um conceito prático, que defende a redução da dose de radiação utilizada para um mínimo sem comprometer o resultado esperado. Finalmente, a limitação de dose consiste na criação de um limite tecto a que cada indivíduo pode estar sujeito.<sup>(36)</sup> Após se ter em consideração a redução da dose de radiação é necessário pedir um consentimento informado à doente para a realização do exame.<sup>(20, 24)</sup> Todavia, as guidelines do ACOG advogam que se estiverem ao dispor do clínico exames que não utilizem radiações

ionizantes como é o caso da ecografia e da ressonância, estes devem ser preferidos.<sup>(35)</sup> Após a exposição a radiação ionizante todas as directrizes concordam que um especialista deve calcular a dose aproximada de radiação a que o feto foi exposto e a idade gestacional, de maneira a aconselhar a mãe objectivamente quanto ao risco de o embrião vir a sofrer efeitos nefastos.<sup>(20, 24, 35)</sup> De acordo com o *ACR* e o *ICRP*, a interrupção voluntária da gravidez não está aconselhada com exposição a valores de radiação inferiores a 100 mGy (10 rad).<sup>(20, 24)</sup>

Em situações que seja necessário usar procedimentos de medicina nuclear, segundo as guidelines do *ICRP* deve ser assegurado que o exame a realizar é essencial para diagnóstico e possibilita uma terapêutica imediata. Devem ser utilizados preferencialmente radioisótopos com semi-vida curta, como o tecnécio-99m, não expondo o embrião a doses muito elevadas de radiação.<sup>(24)</sup> Já o iodo radioactivo, embora possa ser utilizado em exames de diagnóstico, está contra-indicado quando em doses terapêuticas, pelo risco de causar alterações à tiróide do embrião.<sup>(24, 35)</sup> Após a ingestão dos radioisótopos é aconselhado que a grávida ingira água em abundância, para permitir uma clearance renal rápida do fármaco e consequente diminuição da exposição à radiação.<sup>(24)</sup>

No que diz respeito ao uso de Radioterapia em doentes grávidas, antes de iniciar o tratamento é obrigatório investigar se a doente se encontra grávida. Se for confirmada a situação gravídica da doente não existem regras fixas e a decisão de se prosseguir com a terapêutica está dependente de uma série de factores (*Tabela 5*). Segundo o *ICRP* se o local da neoplasia for suficientemente afastado da pelve não deverá existir problema na realização de técnicas de radioterapia, desde que, exista uma planificação cuidada do tratamento e uma preocupação acrescida na diminuição da dose de radiação administrada ao embrião. Devido às elevadas doses de radiação utilizadas, podem existir consequências adversas para o embrião, e qualquer mulher submetida a radiação, cuja gravidez tenha sido descoberta antes, durante ou após o tratamento deve ter um registo da técnica empregue e ser feita uma estimativa da dose fetal, para permitir um seguimento apertado da doente e do feto.<sup>(24)</sup>



**Factores:**

Estadio e agressividade do tumor  
Efeitos hormonais da gravidez sobre o tumor  
Diferentes terapias, tempo de tratamento, eficácia e complicações  
Consequências de adiar o tratamento  
Efeitos esperados da malignidade da mãe sobre o feto  
Estadio da gravidez  
Avaliação do feto  
Momento e forma de se realizar um parto seguro da criança  
Necessidade ou não de interrupção voluntária da gravidez  
Considerações legais, éticas e morais

Adaptado de ICRP, 2000. *Pregnancy and Medical Radiation*. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30 (1).

**Tabela 5. Factores a ponderar antes da realização de Radioterapia**

Para situações especiais, como trauma agudo, certas associações criaram guidelines específicas, como é o caso da *EAST*. Estas guidelines estão divididas em três categorias tendo em conta o seu nível de evidência (Nível 1 – baseadas em estudos randomizados; Nível 2 – baseadas em análises retrospectivas de informação actual; Nível 3 – baseadas em estudos retrospectivos, revisões extensas e opinião de especialistas), e algumas podem ser encontradas na *Tabela 6*.<sup>(11, 37)</sup>

**Guidelines:**

|         |   |
|---------|---|
| Nível 1 | Sem recomendações   |
| Nível 2 | Grávidas traumatizadas após as 20 semanas de gestação devem ter monitorização fetal por pelo menos 6 horas.<br>O teste de Kleihauer-Betke deve ser realizado para todas a grávidas traumatizadas após as 12 semanas de gestação.  |
| Nível 3 | O melhor tratamento para o feto é a realização de ressuscitação à mãe e uma avaliação inicial do feto.<br>Em todas as pacientes de idade fértil com trauma significativo deve ser avaliada a gonadotrofina coriônica humana e protegidas dos raio-X sempre que possível.<br>As preocupações sobre os efeitos da radiação ionizante não devem impedir a realização de procedimentos diagnósticos na grávida.<br>Exposição a valores de radiação inferiores a 5 rad não foram associados a um aumento de malformações ou aborto e portanto são considerados seguros durante toda a gravidez<br>Consulta com um radiologista deve ser considerada para o cálculo da dose fetal estimada quando vários exames de diagnóstico são realizados<br>Uma consulta de obstetrícia deve ser pedida em todos os casos de trauma em grávidas. |

Adaptado de Barraco RD, Chiu WC, Clancy TV et al: *Practice Management Guidelines for the Diagnosis and Management of Injury in the Pregnant Patient: The EAST Practice Management Guidelines Workgroup*. East Assoc Surg Trauma, June 2005

**Tabela 6. EAST guidelines para abordagem da grávida politraumatizada**



## 2.7 Percepção do risco de radiação: Dados clínicos e “Case-Reports”

A utilização de radiação seja ela na doente grávida ou não, parece estar associada a um sentimento de alarme, tanto por parte do clínico como pelo doente. A noção que a radiação é prejudicial para os seres vivos está intimamente ligada ao conhecimento histórico dos efeitos deletérios dos grandes desastres nucleares (ex.: Bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki e desastres nucleares das centrais de Chernobyl e Fukushima).<sup>(38)</sup>

Existem vários estudos que avaliam a percepção que os clínicos e as grávidas têm do risco de serem irradiadas durante a gravidez. *Bentur et al* realizaram um inquérito a grávidas expostas a exames radiodiagnósticos e descobriu que este grupo acreditava, que o risco do embrião vir a desenvolver malformações major durante a gravidez, ascendia a 25,5%.<sup>(39)</sup> Dois estudos, um realizado em Israel (1993)<sup>(40)</sup> e outro no Canadá (2004)<sup>(38)</sup>, avaliaram a percepção do risco da utilização de radiação durante a gravidez em clínicos gerais, obstetras, médicos de família e ginecologistas. O estudo israelita revelou que apenas 46% dos entrevistados (70% dos ginecologistas (n=20) e 41% dos clínicos gerais e médicos de família (n=86)) sabia que a exposição da grávida a um exame radiodiagnóstico não constituía uma indicação para aborto terapêutico.<sup>(2, 40)</sup> O estudo canadiano de *Ratnapalan et al* observou que 44% dos médicos de família (n=208) e 11% dos obstetras (n=65) estimaram que o risco de malformação associado à realização de um Raio-X abdominal era de 5% ou superior. Por outro lado, 61% dos médicos de família e 34% dos obstetras estimaram que o risco de malformação associado à realização de um TC abdominal era de 5% ou superior. Entre os médicos de família, 1% recomendava o aborto terapêutico após a realização de Radiografia abdominal e 6% após a realização de TC abdominal. Contudo, só 5% dos obstetras aconselhava a interrupção da gravidez após a realização de TC abdominal.<sup>(38)</sup> Outro estudo da *Motherisk Program*, um programa de apoio a grávidas, foi contactado, entre 1999 e 2002, por 198 mulheres expostas a radiação, das quais 149 não sofreram exposição directa do feto. Destas 149, 6 mulheres (4%) optaram por terminar a gravidez por causa da exposição a valores de 0,01 – 5,6 mGy de radiação durante o primeiro trimestre.<sup>(41)</sup> Num estudo mais recente, 115 grávidas encaminhadas para o *Korean Motherisk Program*<sup>(42)</sup> por exposição a radiografias da coluna lombar, abdómen e GI, foram comparadas com um grupo de 527 grávidas de controlo ajustadas à idade. Foi observado

que 9 das grávidas expostas e 32 do grupo controlo sofreram aborto espontâneo, e 2 das grávidas irradiadas e 10 dos controlos realizaram interrupção voluntária da gravidez. Dois dos bebés (1,9%) do grupo exposto e 2 do grupo controlo (0,4%), nasceram com malformações major. Os restantes resultados foram semelhantes nos dois grupos, exceptuando-se o fato de ter havido mais admissões na Unidade de Cuidados Intensivos Neonatais no grupo das grávidas expostas.<sup>(42)</sup>

Num estudo de grávidas politraumatizadas turcas, 22 mulheres foram submetidas a exames radiodiagnósticos quando chegaram à urgência. Destas, 20 prosseguiram com a gravidez e tiveram partos normais e crianças saudáveis, enquanto 2 grávidas expostas a valores de 0,05 – 0,5 mGy (5 rad), optaram por realizar aborto terapêutico.<sup>(43)</sup>

Um estudo sobre o uso de <sup>18</sup>F-FDG na realização de PET em 5 mulheres com neoplasia, expôs as doentes a valores de radiação que variaram entre 1,1 e 9,04 mGy. As cinco grávidas prosseguiram com a gravidez, tendo dado à luz crianças sem malformações aparentes.<sup>(27)</sup> Noutro estudo, todavia, a administração de iodo radioactivo em doses ablativas a uma doente, as doses fetais atingiram valores da ordem dos 100 mGy resultando no nascimento de uma criança hipotiroideia, que apesar da correcção hormonal, aos 8 anos apresentava algum grau de défice de atenção e diminuição da memória visual.<sup>(44)</sup>

Por último, a realização de tratamento de radioterapia em mulher grávida ou a descoberta da gravidez após o início da terapêutica causa ansiedade tanto no clínico como na doente. A tomada de decisão nestes casos é complexa e individualizada caso a caso. Num “case report” da literatura, uma grávida no segundo trimestre, com diagnóstico de cancro do cérvix rapidamente progressivo optou por induzir o parto e morte fetal permitindo assim a realização de tratamento agressivo com quimioradioterapia, uma vez que a dose total de radiação recomendado para tratamento de neoplasia do cérvix varia entre 45 a 50,4Gy, com fraccionamento de 1,8 a 2Gy durante cerca de 5 semanas.<sup>(45)</sup> Noutro “case report”, três mulheres descobrem o seu estado gravídico após a realização de radioterapia para linfomas de Hodgkin e não-Hodgkin. Nesta situação, foi estimada a dose fetal para cada caso (*Tabela 7*) e 2 das mulheres optaram por continuar a gravidez, tendo dado à luz crianças que permaneceram saudáveis até aos 22 e 28 meses. Uma das mulheres optou

por aborto terapêutico, devido ao somatório do risco resultante da quimiorradioterapia.<sup>(46)</sup>

Os diferentes casos apresentados servem para ilustrar a diversidade de decisões tanto dos clínicos quanto das doentes, perante uma situação de irradiação acidental ou terapêutica, assim como, para perceber de que forma a percepção do risco teratogénico pode condicionar a decisão.

| Caso | Doença                | Idade gestacional (semanas) | Dose Total (Gy) | Dose Fetal estimada (mGy) | Resultado           |
|------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------|
| A    | Hodgkin (estadio IIA) | 8-12                        | 42,5            | 50 – 180                  | Normal aos 22 meses |
| B    | Não-Hodgkin           | 2-6                         | 40,0            | > 200                     | Aborto terapêutico  |
| C    | Hodgkin (estadio IIA) | 3-7                         | 40,0            | 100,5                     | Normal aos 28 meses |

Adaptado de Wildt, Saskia; Taguchi, Nobuko e Koren, Gideon; Unintended pregnancy during radiotherapy for cancer, Nature Clinical Practice Oncology, Março 2009, volume 6 (3), pp: 175-8.

Tabela 7. Características da doente e do neonato

### 3. Conclusão

Desde cedo que os profissionais de saúde são advertidos para manipularem cautelosamente a radiação, quer dos exames de diagnóstico, quer das terapêuticas com produtos radioactivos, que utilizam radiações ionizantes em grávidas, pelos efeitos iatrogénicos que doses elevadas podem provocar no embrião. Os mitos e/ou desconhecimento sobre os efeitos secundários decorrentes da exposição á radiação contribuem para que, por vezes, se faça uma sobrestimação do risco de expor grávidas a radiação e consequentemente se realizem abortos terapêuticos indevidos.

Em caso de emergência o medo pode atrasar a realização de exames radiodiagnósticos e/ou tratamentos essenciais para a sobrevivência da doente.

De uma maneira geral, os exames de radiodiagnóstico, expõem o embrião a doses de radiação inferiores a 50 mGy. Apesar de os tratamentos de radioterapia utilizarem doses mais elevadas, estas não representam risco acrescido para o feto desde que a neoplasia se localize fora da região abdominopélvica e sejam tomadas as medidas de protecção adequadas reduzindo tanto quanto possível a dose administrada ao embrião. Antes desta decisão o risco/benefício deve ser sempre bem ponderado.

Para que as decisões sejam objectivas, ponderadas e o aconselhamento correcto é necessário que os profissionais estejam bem informados e sejam conhecedores de todas as implicações inerentes à utilização de radiação ionizante numa grávida (p. ex. limiar de dose, efeitos malformativos, cálculo de doses fetais, etc.). Assim, a discussão e transmissão de conhecimentos sobre o tema deve ser incentivado durante o ensino médico, bem como, a promoção de seminários ou programas de educação/discussão de casos clínicos para os especialistas que mais frequentemente lidam com doentes grávidas e expostas a radiação. Para além de aumentar o conhecimento dos profissionais, deve também ser incentivado o desenvolvimento de programas para a comunidade, visto que, muitas das vezes as próprias doentes sobrestimam o risco do aparecimento de malformações no feto após exposição a radiação, pressionando os clínicos assistentes a tomar decisões menos apropriadas.

Numa era em que o conhecimento médico sofreu uma evolução marcada, é essencial a desmitificação de mitos e medos, a desambiguação de incertezas e o combate a axiomas incutidos na população e comunidade

médica ao longo dos tempos, permitindo tomadas de decisão adequadas ao real risco das situações de exposição das grávidas e fetos á radiação.

#### 4. Bibliografia

1. Commission USNR. Fact Sheet on Biological Effects U.S.NRC2011 [cited 2012 Outubro]. Available from: <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/bio-effects-radiation.html>.
2. Ratnapalan S, Bentur Y, Koren G. "Doctor, will that x-ray harm my unborn child?". CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne. 2008 Dec 2;179(12):1293-6. PubMed PMID: 19047611. Pubmed Central PMCID: 2585137.
3. Williams PM, Fletcher S. Health effects of prenatal radiation exposure. American family physician. 2010 Sep 1;82(5):488-93. PubMed PMID: 20822083.
4. Nguyen CP, Goodman LH. Fetal risk in diagnostic radiology. Seminars in ultrasound, CT, and MR. 2012 Feb;33(1):4-10. PubMed PMID: 22264898.
5. Nobelprize.org. The Nobel Prize in Physics 1901 - Speed Read 2006 [cited 2013 26 Março]. Available from: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1901/speedread.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1901/speedread.html).
6. Washington Uo. Biological Effects of Ionizing Radiation 2006. Available from: [http://www.ehs.washington.edu/rsotrain/radprotectionprinciples/biological\\_effects.pdf](http://www.ehs.washington.edu/rsotrain/radprotectionprinciples/biological_effects.pdf).
7. McCollough CH, Schueler BA, Atwell TD, Braun NN, Regner DM, Brown DL, et al. Radiation exposure and pregnancy: when should we be concerned? Radiographics. 2007 Jul-Aug;27(4):909-17; discussion 17-8. PubMed PMID: 17620458.
8. Groen RS, Bae JY, Lim KJ. Fear of the unknown: ionizing radiation exposure during pregnancy. American journal of obstetrics and gynecology. 2012 Jun;206(6):456-62. PubMed PMID: 22244469.
9. Shetty MK. Abdominal computed tomography during pregnancy: a review of indications and fetal radiation exposure issues. Seminars in ultrasound, CT, and MR. 2010 Feb;31(1):3-7. PubMed PMID: 20102690.
10. Morie M. Chen FVC, Anjali Kaimal, Russel K. Laros Jr. Guidelines for computed tomography and magnetic resonance imaging use during pregnancy and lactation. American College of Obstetricians and Gynecologists. 2008 Agosto;112(2):333-40.
11. Puri A, Khadem P, Ahmed S, Yadav P, Al-Dulaimy K. Imaging of trauma in a pregnant patient. Seminars in ultrasound, CT, and MR. 2012 Feb;33(1):37-45. PubMed PMID: 22264901.
12. Sharp C. SJA, Bury R.F. Diagnostic Medical Exposures: Advice on Exposure to Ionising Radiation during Pregnancy. NRPB. 1998.
13. Mehta SR, Suhag V, Semwal M, Sharma N. Radiotherapy: Basic concepts and recent advances. Medical Journal Armed Forces India. 2010;66(2):158-62.

14. Patel SJ, Reede DL, Katz DS, Subramaniam R, Amorosa JK. Imaging the pregnant patient for nonobstetric conditions: algorithms and radiation dose considerations. *Radiographics*. 2007 Nov-Dec;27(6):1705-22. PubMed PMID: 18025513.
15. Technology NSaEaMlo. Introduction to the Biological Effects of Radiation NSE Virtual Reading Room: Massachusetts Institute of Technology; 2001 [updated Setembro 2005; cited 2013 Janeiro]. Available from: <http://mightylib.mit.edu/Course%20Materials/22.01/Fall%202001/intro%20to%20bio%20effects.pdf>.
16. (EPA) UEPA. Alpha Particles. Understanding radiation 2012 [updated Julho 2012; cited 2013 Maio]. Available from: <http://epa.gov/radiation/understand/alpha.html#content>.
17. Wang PI, Chong ST, Kielar AZ, Kelly AM, Knoepp UD, Mazza MB, et al. Imaging of pregnant and lactating patients: part 1, evidence-based review and recommendations. *AJR American journal of roentgenology*. 2012 Apr;198(4):778-84. PubMed PMID: 22451541.
18. Radiologists TRAaNZCo. Diagnostic Radiology and Pregnancy RANZCR Learning Portal2005 [cited 2012 Outubro]. Available from: <http://www.ranzcr.edu.au/quality-a-safety/resources/guidelines>.
19. Commission USNR. Biological Effects of Radiation Nuclear Science and Engineering at MIT [cited 2012 Novembro]. Available from: [http://mitnse.files.wordpress.com/2011/03/biological\\_effects\\_09.pdf](http://mitnse.files.wordpress.com/2011/03/biological_effects_09.pdf).
20. ACR Practice Guideline for Imaging Pregnant or Potentially Pregnant Adolescents and Women with Ionizing Radiation, (2008).
21. Brent RL. Saving lives and changing family histories: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures during and before pregnancy. *American journal of obstetrics and gynecology*. 2009 Jan;200(1):4-24. PubMed PMID: 19121655.
22. Schull WJ, Otake M. Cognitive function and prenatal exposure to ionizing radiation. *Teratology*. 1999 Apr;59(4):222-6. PubMed PMID: 10331523.
23. Preston DL, Cullings H, Suyama A, Funamoto S, Nishi N, Soda M, et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors exposed in utero or as young children. *Journal of the National Cancer Institute*. 2008 Mar 19;100(6):428-36. PubMed PMID: 18334707.
24. International Commission on Radiological P. Pregnancy and medical radiation. *Annals of the ICRP*. 2000;30(1):iii-viii, 1-43. PubMed PMID: 11108925.
25. Wang PI, Chong ST, Kielar AZ, Kelly AM, Knoepp UD, Mazza MB, et al. Imaging of pregnant and lactating patients: part 2, evidence-based review and recommendations. *AJR American journal of roentgenology*. 2012 Apr;198(4):785-92. PubMed PMID: 22451542.

26. Wieseler KM, Bhargava P, Kanal KM, Vaidya S, Stewart BK, Dighe MK. Imaging in pregnant patients: examination appropriateness. *Radiographics*. 2010 Sep;30(5):1215-29; discussion 30-3. PubMed PMID: 20833847.
27. Takalkar AM, Khandelwal A, Lokitz S, Lilien DL, Stabin MG. 18F-FDG PET in pregnancy and fetal radiation dose estimates. *Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine*. 2011 Jul;52(7):1035-40. PubMed PMID: 21680687.
28. Nakagawa K, Aoki Y, Kusama T, Ban N, Nakagawa S, Sasaki Y. Radiotherapy during pregnancy: effects on fetuses and neonates. *Clinical therapeutics*. 1997 Jul-Aug;19(4):770-7. PubMed PMID: 9377620.
29. Kal HB, Struikmans H. Radiotherapy during pregnancy: fact and fiction. *The lancet oncology*. 2005 May;6(5):328-33. PubMed PMID: 15863381.
30. Samant R, Gooi AC. Radiotherapy basics for family physicians. Potent tool for symptom relief. *Canadian family physician Medecin de famille canadien*. 2005 Nov;51:1496-501. PubMed PMID: 16353832. Pubmed Central PMCID: 1479480.
31. Wiecezorek A. Basics of Radiotherapy – What is a Clinician looking for? North East Yorkshire and Humber Clinical Alliance 2011 [cited 2013 Maio]. Available from: <http://www.hyccn.nhs.uk/events/eventdownloads/20111007-04%20AW.pdf>.
32. Fenig E, Mishaali M, Kalish Y, Lishner M. Pregnancy and radiation. *Cancer treatment reviews*. 2001 Feb;27(1):1-7. PubMed PMID: 11237773.
33. (IPO) IP. Serviços disponibilizados pelo Serviço de Radioterapia do IPO Porto 2012 [cited 2013 Maio]. Available from: <http://ipopoporto.pt/servico/radioterapia/>.
34. Mayr NA, Wen BC, Saw CB. Radiation therapy during pregnancy. *Obstetrics and gynecology clinics of North America*. 1998 Jun;25(2):301-21. PubMed PMID: 9629572.
35. (ACOG) ACoOaGCO. Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy. *American College of Obstetricians and Gynecologists*. 2004;104:647-51.
36. Sherbini S. What is the ALARA principle? The International Commission on Radiological Protection (ICRP) recommends a system for limiting the doses received by persons. What are two features of the system? *Health Physics Society* 2000 [cited 2012 Outubro]. Available from: <http://hps.org/publicinformation/ate/q435.html>.
37. Barraco RD, Chiu WC, Clancy TV, Como JJ, Ebert JB, Hess LW, et al. Practice management guidelines for the diagnosis and management of injury in the pregnant patient: the EAST Practice Management Guidelines Work Group. *The Journal of trauma*. 2010 Jul;69(1):211-4. PubMed PMID: 20622592.
38. Ratnapalan S, Bona N, Chandra K, Koren G. Physicians' perceptions of teratogenic risk associated with radiography and CT during early pregnancy. *AJR American journal of roentgenology*. 2004 May;182(5):1107-9. PubMed PMID: 15100102.



39. Bentur Y, Horlatsch N, Koren G. Exposure to ionizing radiation during pregnancy: perception of teratogenic risk and outcome. *Teratology*. 1991 Feb;43(2):109-12. PubMed PMID: 2014476.
40. Fink D, Glick S. [Misinformation among physicians about dangers of fetal x-ray exposure]. *Harefuah*. 1993 Jun 1;124(11):717-9, 39. PubMed PMID: 8344635.
41. Cohen-Kerem R, Nulman I, Abramow-Newerly M, Medina D, Maze R, Brent RL, et al. Diagnostic radiation in pregnancy: perception versus true risks. *Journal of obstetrics and gynaecology Canada : JOGC = Journal d'obstetrique et gynecologie du Canada : JOGC*. 2006 Jan;28(1):43-8. PubMed PMID: 16533456.
42. Choi JS, Han JY, Ahn HK, Ryu HM, Kim MY, Chung JH, et al. Foetal and neonatal outcomes in first-trimester pregnant women exposed to abdominal or lumbar radiodiagnostic procedures without administration of radionucleotides. *Internal medicine journal*. 2013 May;43(5):513-8. PubMed PMID: 23181560.
43. Karadas S, Gonullu H, Oncu MR, Kurdoglu Z, Canbaz Y. Pregnancy and trauma: analysis of 139 cases. *Journal of the Turkish German Gynecological Association*. 2012;13(2):118-22.
44. Berg GE, Nystrom EH, Jacobsson L, Lindberg S, Lindstedt RG, Mattsson S, et al. Radioiodine treatment of hyperthyroidism in a pregnant women. *Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine*. 1998 Feb;39(2):357-61. PubMed PMID: 9476950.
45. Malapati R, Brandis O, Sharma S. Late Midtrimester Pregnancy, Advanced Bulky Cervical Cancer, Radiation Therapy, and Physician's Moral Distress: A Management Dilemma. *Gynecology & Obstetrics*. 2012;02(01).
46. de Wildt SN, Taguchi N, Koren G. Unintended pregnancy during radiotherapy for cancer. *Nature clinical practice Oncology*. 2009 Mar;6(3):175-8. PubMed PMID: 19174775.